



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 27 407 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 23 R 3/42**  
F 02 C 7/24

⑲ Aktenzeichen: 197 27 407.2  
⑳ Anmeldetag: 27. 6. 97  
㉔ Offenlegungstag: 7. 1. 99

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Krebs, Werner, Dr.-Ing., 45481 Mülheim, DE

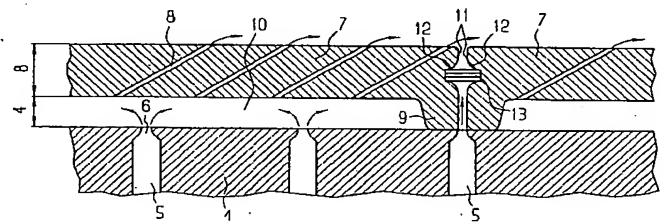
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE-AS	11 73 734
DE-OS	23 38 210
US	45 69 660
US	44 22 300
EP	07 41 268 A1
EP	06 98 725 A2
EP	06 94 739 A1
EP	03 21 320 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Hitzeschild

⑤7 Hitzeschild, insbesondere für ein Flammrohr einer Gasturbinenbrennkammer, aus einer Wand (4) mit im wesentlichen senkrecht zur Wandoberfläche verlaufenden Kühlluftkanälen (5) zur Prallkühlung einer Seite von auf der Wand (4) mit Abstand angeordneten Platten (7) aus hitzebeständigem Material mit einer Vielzahl die Platten durchsetzenden Effusionskühlkanäle (8) zur Effusionskühlung der Platten (7). Die erfindungsgemäße Kühlung ist hochwirksam und erlaubt eine Reduzierung der Kühlluftmenge bei gleicher Kühlwirkung, wodurch insbesondere der Wirkungsgrad von Gasturbinen erhöht werden kann.



DE 197 27 407 A 1

DE 197 27 407 A 1

Die Erfindung betrifft einen Hitzeschild, insbesondere für ein Flammrohr einer Gasturbinenbrennkammer. Derartige Hitzeschilde sind erforderlich, um z. B. die Wände eines Flammrohrs einer Gasturbinenbrennkammer vor Überhitzung durch die heißen Verbrennungsgase zu schützen. Ein derartiger Hitzeschild ist in der US-Patentschrift 4 838 031 beschrieben. Dieser Hitzeschild besteht aus zum Brennkammerinneren hin angeordneten Keramikplatten, die jeweils über eine Schicht aus beispielsweise Metallwolle und Abstandshaltern in Form von kurzen zapfen mit einer Trägerplatte verbunden sind. Von der Außenseite der Brennkammer wird Kühlluft durch eine Bohrung in der Trägerplatte in den Raum zwischen den Abstandshaltern und von dort in die Schicht aus Metallwolle geführt, um auf diese Weise eine ausreichende Kühlung und dementsprechend einen Schutz für die Brennkammerwandung zu erreichen. Die Zwischenschicht aus Metallwolle dient unter anderem dazu, die unterschiedlichen Wärmedehnungen der Keramikplatte und der metallischen Trägerplatte aufzunehmen, ohne daß die Keramikplatte unzuträglichen Wärmespannungen ausgesetzt wird. Die einzelnen Hitzeschildelemente können sich überlappend so angeordnet sein, daß die von der Rückseite zugeführte Kühlluft im Bereich der Überlappungen in die Brennkammer eintritt.

Um mit diesem Hitzeschild eine ausreichende Kühlung der Brennkammerwände zu erreichen, ist es erforderlich, eine verhältnismäßig große Menge der in einem Verdichter der Gasturbine verdichteten Luft zur Kühlung abzuzweigen. Die Kühlkapazität der Kühlung wird bei diesem bekannten Hitzeschild nur in bescheidenem Umfang genutzt, so daß die Kühlluft nur wenig erwärmt in die Brennkammer strömt. Die abgezweigte Kühlluft fehlt jedoch für die Versorgung der Brenner der Brennkammer mit Verbrennungsluft, um die maximalen Flammentemperaturen und damit auch die NOx Emissionen begrenzt zu halten.

Da die Turbineneintrittstemperaturen und -drücke im Interesse eines hohen thermischen Wirkungsgrades möglichst hoch liegen sollen, nimmt auch die Wärmebelastung des Flammrohrs einer Gasturbinenbrennkammer stark zu, so daß der vorliegenden Erfindung insbesondere das Problem zugrunde liegt, bei steigender Wärmebelastung des Flammrohrs einer Gasturbinenbrennkammer einen gezielten Schutz des Bereichs der Brennkammer mit der höchsten Wärmebelastung bei gleichzeitiger Einsparung an Kühlluft zu erreichen. Eine solche Aufgabe kann sich aber auch in anderen Bereichen der Technik bei Hitzeschilden ergeben.

Ausgehend von dieser Problemstellung wird ein Hitzeschild, insbesondere für ein Flammrohr einer Gasturbinenbrennkammer, vorgeschlagen, der erfindungsgemäß eine Wand mit darauf mit Abstand angeordneten Platten aus hitzebeständigem Material aufweist. Die Wand hat im wesentlichen senkrecht zur Wandoberfläche verlaufende Kühlluftkanäle zur Prallkühlung einer Seite der Platten, wobei die Platten selbst eine Vielzahl die Platten durchsetzende Effusionskühlkanäle zur Effusionskühlung der Platten enthalten.

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, daß umso weniger Kühlluft benötigt wird, je wirkungsvoller die Kühlung des Hitzeschildes ist. Diese besondere Kühlwirkung läßt sich durch die Kombination einer Prallkühlung der dem Brennkammerinnenraum abgewandten Seite der Hitzeschildplatten mit einer Effusionskühlung mittels der Hitzeschildplatten durchsetzender Bohrungen geringen Durchmessers erreichen.

Die Wirkung der Effusionskühlung beruht auf zwei Wärmeübergangsmechanismen. Einmal wird bereits in den Effusionskühlkanälen aufgrund von Wärmeleitung Wärme an

die Kühlluft abgeben. Darüber hinaus bildet sich an der dem Inneren der Brennkammer zugewandten Oberfläche der Hitzeschildplatten ein Kühlfilm, der Wärme ab führt und die Wandwärmebelastung vermindert. Bei der Effusionskühlung wird die Kühlluft im Gegenstrom zum Wärmestrom geführt, so daß sich die Kühlluft stärker erwärmt und insgesamt eine geringere Kühlluftmenge erforderlich ist.

Durch die Wärmeleitung in den Hitzeschildplatten läßt sich etwa 20% der an die Hitzeschildplatten übertragenen Wärme durch die Kühlluft abführen. Der auf der dem Brennkammerinneren zugewandten Oberfläche der Hitzeschildplatten vorhandene Kühlfilm vermindert die Wärmebelastung der Hitzeschildplatten um weitere 10 bis 15%, so daß sich insgesamt im Bereich des am höchsten belasteten Flammrohrteils eine Kühlluft einsparung von etwa 30% ergibt.

Um die Prallkühlung der dem Brennkammerinnenraum abgewandten Seite der Hitzeschildplatten möglichst wirkungsvoll zu gestalten, können die Kühlluftkanäle düsenartig verengte Austrittsöffnungen aufweisen, wodurch die Kühlluft mit großer Geschwindigkeit auf diese Seite aufprallt.

Wichtig für die Wirkungsweise der Effusionskühlung ist eine gezielte Strömungsführung. Zu diesem Zweck können die Effusionskühlkanäle bevorzugterweise schräg durch die Platte hindurch verlaufen. Des weiteren soll die Kühlluft überwiegend durch die engen Effusionskühlkanäle geleitet werden, so daß Verluste an den Rändern der Platten zu vermeiden sind. Um dies zu erreichen, können die Ränder der Platten gegeneinander und/oder gegen die Wand abgedichtet sein, wobei bevorzugterweise Metalldichtfedern in Nuten in den Rändern der Platten angeordnet sein können.

Um diese Metalldichtfedern gegen die direkte Einwirkung der heißen Verbrennungsgase zu schützen, können in der Wand gegen die Metalldichtfedern gerichtete Luftkanäle angeordnet sein.

Eine besonders wirksame Filmkühlung läßt sich durch die Anordnung, die Anzahl, den Durchmesser und die Neigung der Effusionskühlkanäle erreichen, wenn diese so gewählt werden, daß sich bei einer Druckdifferenz von einer Seite zur anderen Seite der Platten von  $D_p = 150$  mbar eine Ausströmgeschwindigkeit von etwa 45 m/s ergibt.

Bei einer Dicke der Hitzeschildplatten von etwa 8 mm, einem Abstand zur Wand von etwa 4 mm wird dies erreicht, wenn der Durchmesser der Effusionskühlkanäle etwa 1 mm beträgt und sie unter einem Winkel von etwa 30° zur Oberfläche der Platten verlaufen.

Als Material für die Hitzeschildplatten kann bevorzugt eine hochwärmefeste metallische Legierung eingesetzt werden. Additiv oder alternativ können auch Wärmedämmschichten eingesetzt werden.

Der erfindungsgemäße Hitzeschild wird vorzugsweise im Bereich des Übergangs Flammrohr – Turbine an einer Stelle mit hoher Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsgase und entsprechend hoher Wärmebelastung angeordnet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht, teilweise aufgeschnitten, einer Ringbrennkammer mit einem erfindungsgemäßen Hitzeschild,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch die Brennkammer gemäß Fig. 1 und

Fig. 3 eine Detailansicht im Schnitt eines erfindungsgemäßen Hitzeschildes.

Eine allgemein mit der Bezugsziffer 1 bezeichnete Ringbrennkammer 1 ist mit ringförmig angeordneten Brennern 2 versehen, denen Verbrennungsluft von einem nicht darge-

stellten, vorgeschalteten Verdichter zugeführt wird. Ein Teil der verdichteten Luft gelangt in nicht dargestellter, beispielsweise aus der US 4 838 031 entnehmbarer Weise als Kühlluft in den Bereich des Hitzeschildes 3, der an der Stelle der größten Wärmebelastung der Brennkammer angeordnet ist. Die Wärmebelastung ergibt sich im Bereich des Übergangs zwischen Flammrohr und Turbine an einer Stelle mit hoher Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsgase.

Der erfindungsgemäße Hitzeschild 3 ist aus einzelnen Platten zusammengesetzt, die entsprechend Fig. 3 aufgebaut sind. Eine Wand 4 ist mit zur Wandoberfläche im wesentlichen senkrecht verlaufenden Kühlluftkanälen 5 versehen, die düsenartig verjüngte Austrittsöffnungen 6 aufweisen. Diese Öffnungen 6 münden in einem Freiraum 10 zwischen der Wand 4 und mit Abstand dazu angeordneten Platten 7 aus hitzebeständigem Material. Die aus den Öffnungen 6 mit großer Geschwindigkeit austretende Kühlluft prallt auf die gegenüberliegende Wand der Platten 7 und bewirkt eine intensive Prallkühlung.

In den Platten 7 sind unter einem Winkel von etwa 30° zur Oberfläche verlaufende Effusionskühlkanäle 8 angeordnet, die zur Effusionskühlung der Platten 7 dienen. Die Kühlluftkanäle 8 weisen einen Durchmesser von etwa 1 mm auf.

Im Bereich von Rändern 11 der Platten 7 sind Abstandselemente 9 angeordnet, die mit den Platten 7 einstückig hergestellt sein können. Die Auflage der Abstandselemente 9 auf der Wand 4 kann eine ausreichende Abdichtung des Freiraums 10 bewirken, so daß die durch die Kühlluftkanäle 5 in den Freiraum 10 eintretende Kühlluft im wesentlichen durch die Effusionskühlkanäle 8 in den Platten 7 hindurch strömt und im Brennkammerinnenraum austritt.

Zwischen den Rändern 11 der Platten 7 sind im dargestellten Ausführungsbeispiel Metalledichtfedern 13 angeordnet, die in Nuten 12 in den Rändern 11 der Platten 7 gehalten werden. Zur Kühlung dieser Metalledichtfedern 13 sind Kühlluftkanäle 5 in den Spalt zwischen den Rändern 11 der Platten 7 gerichtet.

Die Anordnung, die Anzahl, der Durchmesser und die Neigung der Effusionskühlkanäle 8 in den Platten 7 sind so gewählt, daß sich bei einer Druckdifferenz von einer Seite zur anderen der Platten 7 von  $D_p = 150$  mbar eine Ausströmungsgeschwindigkeit von etwa 45 m/s ergibt. Hierdurch wird eine definierte Strömungsrichtung auf der dem Brennkammerinneren zugewandten Oberfläche der Platten 7 und damit ein hochwirksamer Kühlfilm erzeugt, so daß sich mit dem erfindungsgemäßen Hitzeschild eine Verminderung des Kühlluftbedarfs von etwa 30% ergibt.

5. Hitzeschild nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Metalledichtfedern (13) in seitlichen Nuten (12) in den Rändern (11) der Platten (7) angeordnet sind.

6. Hitzeschild nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch gegen die Metalledichtfedern (13) gerichtete Kühlluftkanäle (5) in der Wand (4).

7. Hitzeschild nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung, die Anzahl, der Durchmesser und die Neigung der Effusionskühlkanäle (8) so gewählt sind, daß sich bei einer Druckdifferenz von einer Seite zur anderen Seite der Platten (7) von  $D_p = 150$  mbar eine Ausströmungsgeschwindigkeit von etwa 45 m/s ergibt.

8. Hitzeschild nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Effusionskühlkanäle (8) etwa 1 mm beträgt.

9. Hitzeschild nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das hitzebeständige Material der Platten Wärmedämmschichten und/oder eine hochwarmfeste metallische Legierung enthält.

10. Hitzeschild nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß er im Bereich des Übergangs zwischen Flammrohr und Turbine in einem Bereich mit hoher Strömungsgeschwindigkeit der Verbrennungsgase und entsprechend hoher Wärmebelastung angeordnet ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Patentansprüche

50

1. Hitzeschild, insbesondere für ein Flammrohr einer Gasturbinenbrennkammer, aus einer Wand (4) mit im wesentlichen senkrecht zur Wandoberfläche verlaufenden Kühlluftkanälen (5) zur Prallkühlung einer Seite von auf der Wand (4) mit Abstand angeordneten Platten (7) aus hitzebeständigem Material, die eine Vielzahl die Platten (7) durchsetzender Effusionskühlkanäle (8) zur Effusionskühlung aufweisen.

2. Hitzeschild nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlluftkanäle (5) für die Prallkühlung düsenartig verengte Austrittsöffnungen (6) aufweisen.

3. Hitzeschild nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Effusionskühlkanäle (8) schräg durch die Platten (7) hindurch verlaufen.

4. Hitzeschild nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ränder der Platten (7) gegeneinander und/oder gegen die Wand (4) abgedichtet sind.

65

- Leerseite -

FIG 1

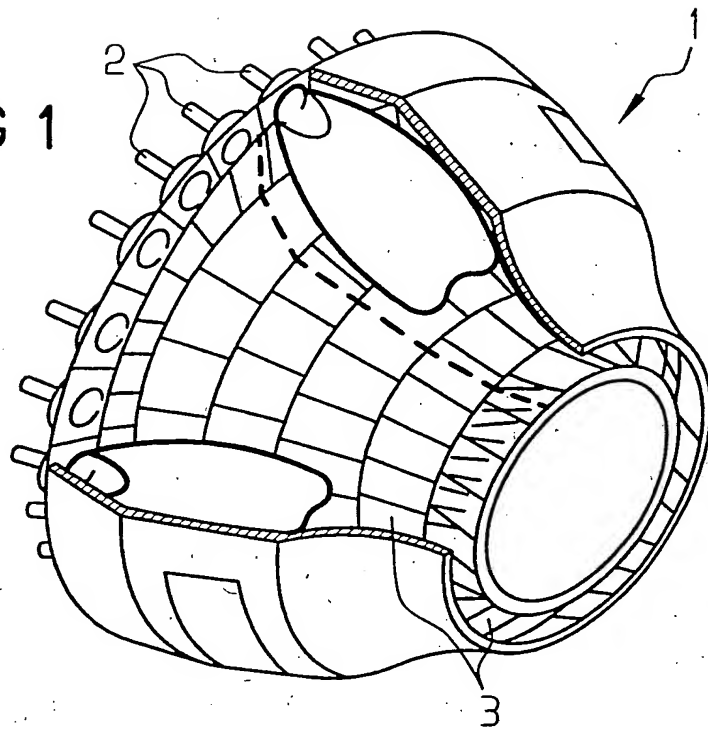


FIG 2

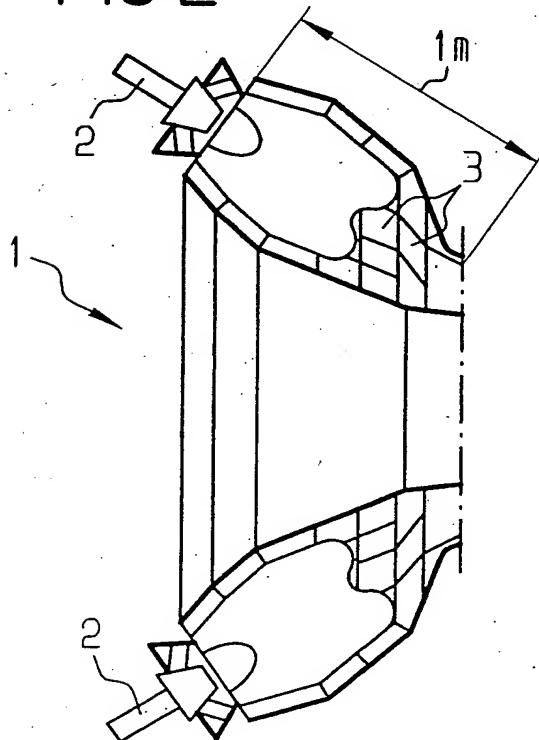


FIG 3

